

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

REMARKS

This is in response to the Office Action dated November 20, 2003. Claims 1-60, 100, 113, 123 and 131 have been canceled. Thus, claims 61-99, 101-112, 114-122, 124-130 and 132-140 are now pending.

Formalities

Regarding the IDS mentioned in paragraph 2 of the Office Action, the references requested by the Examiner are attached hereto. In particular, JP 2822983 (w/partial translation) and the Yamahara article submitted on July 15, 2003 have been re-filed with this amendment so that the Examiner can consider the same.

Additionally, another IDS has been submitted herewith.

With respect to paragraph 3 of the Office Action, subject matter of claim 131 has been added to claim 121. Thus, the formality objection has been addressed and resolved in this regard.

Claim 61

Claim 61 stands rejected under 35 U.S.C. Section 103(a) as being allegedly unpatentable over Yamahara in view of Maekawa, Jones, and Etori. This 4-way Section 103(a) rejection is respectfully traversed for at least the following reasons.

Claim 61 as amended requires liquid crystal display device which utilizes at least light from a backlight to display images an antiglare layer provided on a viewer side of one of the pair of polarizers which is provided closer to a viewer; wherein the phase compensation element comprises indices of refraction n_a , n_b and n_c , and directions

corresponding thereto, wherein $n_a > n_b$ and $n_c > n_b$, wherein the direction corresponding to n_b is inclined a haze value of the antiglare layer is equal to or greater than 15 and a value of transmitted image clarity of the antiglare layer is equal to or greater than 10 as measured with an image clarity meter in which a width of an optical comb is 0.5 mm, and wherein the antiglare layer has an internal scattering layer and a scattering surface." In other words, claim 61 clearly requires a combination of both: (a) the use of an antiglare film having a haze value of at least 15 to achieve excellent image clarity, in (b) an LCD which uses a backlight to display images (e.g., light from the backlight passes through the LC cell to display images). For purposes of example and without limitation, example transmissive-type displays are discussed in the instant specification at page 14, lines 17-26. The use of an antiglare film having a haze value of at least 15 in a backlight inclusive LCD is not disclosed or suggested by the cited art.

The Office Action relies solely on Etori for a haze value of at least 15. However, Etori relates only to reflective type LCDs. The only reason Etori uses a haze value of at least 30 is to improve reflection characteristics of *reflective* type displays (e.g., col. 1, lines 6-11; and col. 5, lines 1-11). Etori explains that the high haze values used in Etori are advantageous because such high haze values "make it possible to obtain an extremely high reflective index for diffused light when the obtained front scattering film 5 is laminated on an object exhibiting *mirror reflection*, and thus the white state of liquid crystal display using a *mirror reflection board as a reflective layer* can be made closer to paper-like whiteness" (col. 5, lines 1-11).

Thus, it will be appreciated by the Examiner that the only reason why Etori uses the high haze values is because of the reflective nature of the display. Etori confirms this by explaining that the purpose of the antiglare film in Etori is for "heightening the aluminum reflectance Y" of the reflective layer to make the white state white like paper (e.g., col. 13, lines 7-9).

In view of the above, it is clear that Etori's high haze values are only applicable to reflective type LCDs. One of ordinary skill in the art would never have used the antiglare film with high haze values of Etori in displays using backlight(s) such as in Yamahara because Etori's anti-glare film is specifically designed to increase aluminum reflectance Y in reflective displays – and is not applicable to displays using at least transmissive light like Yamahara. Accordingly, claim 61 as amended clearly defines over the cited art, and the Section 103(a) rejection should be withdrawn for at least the aforesaid reasons.

Other Claims

Independent claims 79, 94, 108 and 121 also require a backlight and/or transmissive light, in combination with a haze value of at least 15. As explained above, the cited art fails to disclose or suggest this combination required by these independent claims. In particular, Etori's high haze values are only applicable to reflective type LCDs. One of ordinary skill in the art would never have used the antiglare film with high haze values of Etori in displays using backlight(s) such as in Yamahara because Etori's anti-glare film is specifically designed to increase aluminum reflectance Y in reflective displays – and is not applicable to displays like Yamahara.

Additionally, with respect to claim 121, Jones uses an internal diffusing layer on the inside of the cell between the liquid crystal layer and the substrate. In light of Jones' teaching of an internal diffusing layer, one of ordinary skill in the art would not have been motivated to have provided a layer with a scattering surface on the viewer side of the front polarizer. In other words, Jones teaches direction away from the invention of claim 121 in this regard, as Jones teaches away from providing an antiglare layer such as that of Maekawa on the viewer side of the front polarizer. Thus, the Section 103(a) combination should be withdrawn for yet another reason in this respect.

Conclusion

For at least the foregoing reasons, it is respectfully requested that all rejections be withdrawn. All claims are in condition for allowance. If any minor matter remains to be resolved, the Examiner is invited to telephone the undersigned with regard to the same.

Respectfully submitted,

NIXON & VANDERHYE P.C.

By: 

Joseph A. Rhoa
Reg. No. 37,515

JAR:caj
1100 North Glebe Road, 8th Floor
Arlington, VA 22201-4714
Telephone: (703) 816-4000
Facsimile: (703) 816-4100

Compensatory Mechanism for Viewing Angle by Optical Compensation Film Based on Inclined Optical Indicatrix for Twisted-Nematic Liquid-Crystal Displays

Motomitsu YAMAGUCHI, Kazuo YAMAGUCHI, Takao NAKAI, Yusenro YAMADA and Yutaka ISHII

AVC Division, Research & Development Group, Sharp Corporation, 1915, Higashi 2-chome, Suita, Osaka 565, Japan

Received May 1, 1992; revised manuscript received July 1, 1992

The compensatory mechanism of twisted nematic liquid crystal (TN-LCDs) with compensation film composed of discotic compounds and polyvinylalcohol (PVA) substrate has been investigated. The optical characteristics of the entire compensation film which has a hybrid aligned discotic compound layer on a TAC substrate were identified as uniaxial negative birefringence whose optical axis was inclined from the normal direction. We determined that the viewing characteristics of TN-LCDs were governed by the optical parameters not of the discotic layer but of a combination of the discotic layer and the TAC substrate as a whole. [DOI: 10.1143/JAP.31.6072]

KEYWORDS: liquid crystal, optical compensation film, inclined optical indicatrix, TN-LCD, TFT-LCD, WV film, viewing characteristics, compensatory mechanism

1. Introduction

Active matrix liquid-crystal displays (AM-LCDs) are of interest for the studies of wide-viewing-angle LCD modes and the development of wide-screen displays. Various methods and LCD modes have been investigated for improvement of the viewing angle characteristics, such as multi-domain thin-film-transistor (TFT)-LCDs,¹⁻³ TFT-LCDs with negative birefringence film,⁴⁻⁶ in-plane switching (IPS)-mode LCDs,⁷⁻⁹ multi-domain vertical alignment (MVA)-mode LCDs,¹⁰⁻¹² and optically compensated birefringence (OCB)-mode LCDs.¹³

Recently, the compensation film method for TN-LCDs has been widely used. A compensation film which has a hybrid-aligned structure consisting of a discotic compound layer on a TAC substrate was proposed by Mori *et al.*¹⁴⁻¹⁶ They concluded that the wide view (WV) film has no optic axis due to its hybrid-aligned structure. The experimental result of the viewing characteristics for TN-LCDs, however, suggests the existence of uniaxiality in the WV film. Moreover, the compensation mechanism occurring between the twisted nematic liquid crystal layer and the compensation film was explained only qualitatively in these studies.

In this paper, we will investigate the optical properties of the WV film and clarify the compensation mechanism.

2. Experimental

The compensation film used in the experiment was a Fujifilm WV Film, Wide View A 02B, purchased from Fuji Photo Film Co., Ltd. The WV film was composed of a hybrid-aligned discotic compound coated on an alignment layer on the TAC film substrate. Figure 1 shows the cross-sectional view of the WV film. The optical property of the film was measured by a M-120 ellipsometry system (JASCO). The measuring wavelength was 632.8 nm (i.e., He-Ne laser light).

The conventional twisted nematic liquid crystal cell was used for the optical measurement. The liquid crystal material of MLC-6418 (MERCK), sandwiched between two glass substrates with the cell thickness of 4.4 μm was aligned homogeneously and twisted by 90° inside the cell. The $\Delta n \cdot d$ of the TN-LC cell was 391 nm, where Δn and d represent birefringence coefficient and cell thickness of the TN-LC cell, respectively. The configuration of TN-LCDs and

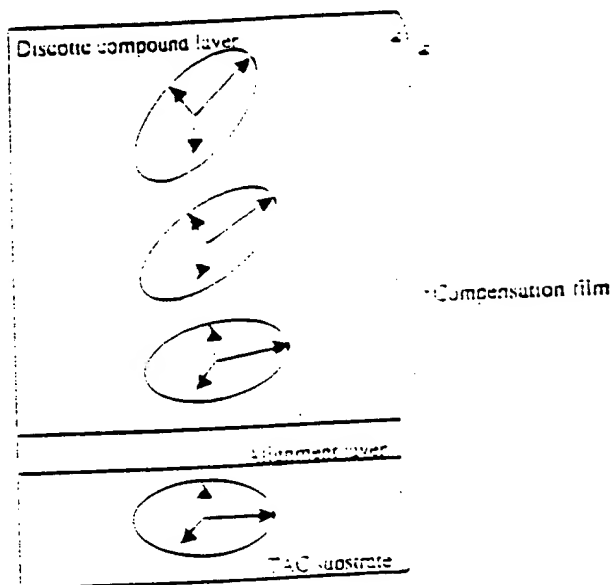


Fig. 1. Cross-sectional view of the WV film.

compensation WV film are shown in Fig. 2. The inclination direction of the discotic compound in the WV film shown with arrows is set parallel to the rubbing direction of the cell. The optical properties, for example the viewing angle dependence of voltage-transmittance curves, of a TN-LC cell which used the WV film, Wide View A 02B, were measured using a LCD-5000 system (Otsuka Electronics). And the optical properties, for example the viewing angle dependence of the contrast ratio, of a TN-LC cell which used the WV film, Wide View A 02B, and samples of the WV film were measured by a CV-1000 system (MINOLTA). The optical parameters of the WV films are listed in Table I, where θ is the parameter which indicates the angle of inclination of the optical indicatrix, and R_{θ} is the parameter of the value of retardation, and is defined as (see Fig. 3)

$$R_{\theta} = \Delta n \cdot d = (n_1 - n_2) \cdot (2 - n_2) \cdot d \cdot \cos \theta$$

The applied voltage to the TN-LCD was 1.5 V for white state and 5.0 V for black state.

The liquid crystal molecule behavior of the TN-LCD was calculated using the Oseen-Frank continuum theory,^{15,16} and the light propagation through crossed polarizers.

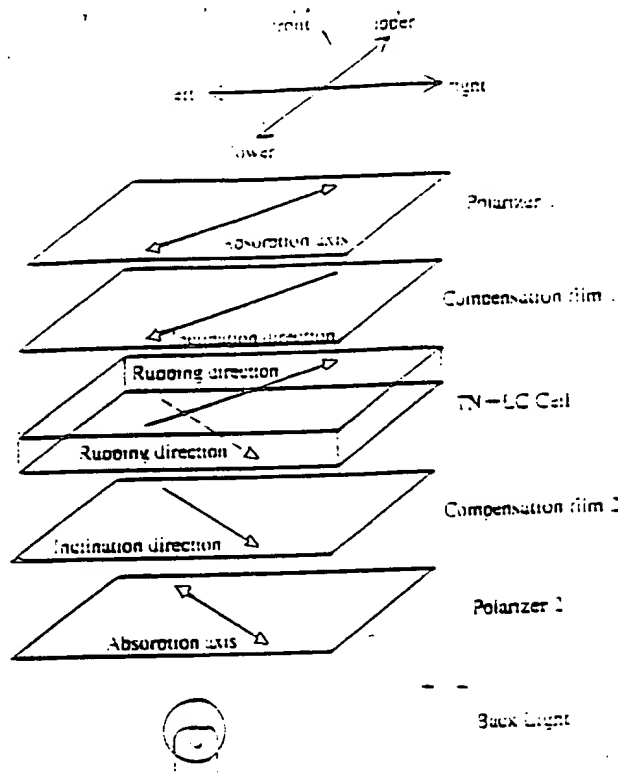


Fig. 2. Configuration of TN-LCD with the optical compensation film.

Table 1. Optical parameters of the sample of the WV film are listed.

Sample	Optical parameters of the entire WV film	
	θ (deg)	R_{θ} (nm)
A-1	17.0	97
A-2	13.0	100
A-3	21.5	109
A-4	23.0	108
A-5	24.5	103
R-1	21.5	109
R-2	21.0	113
R-3	20.0	133
R-4	20.0	141

a) Angle of inclination of the optical indicatrix.

b) $R_{\theta} = \Delta n \cdot d = [(na - nb)/2 - nc] \cdot d$ (see Fig. 3).

compensation films and the LCD was simulated using the 4×4 method proposed by Berreman.¹⁷⁾

3. Results and Discussion

Since the WV film is a stacked structure consisting of a hybrid-aligned discotic layer and a TAC film, it is appropriate to regard the WV film as a biaxial optical indicatrix as shown in Fig. 3 where na , nb and nc indicate the refractive indexes of each axis. Under this assumption, as shown in Fig. 4, we can obtain the optical characteristics of the WV film by transmission ellipsometry measurement. The

film was set with the inclination direction of the optical indicatrix in Fig. 3 perpendicular to the rotation axis of the film, and the curve of retardation versus polar angle was measured. The polar angle is equal to the incidence angle and the viewing angle. We can calculate the optical indicatrix which is closest to the measured data based on the measurement result. In this way, the biaxial optical

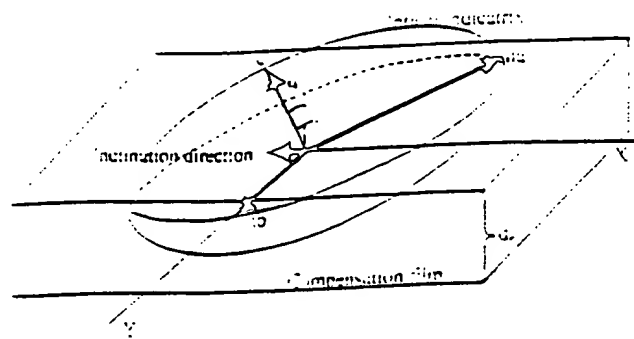


Fig. 3. Optical indicatrix of the entire compensation film.

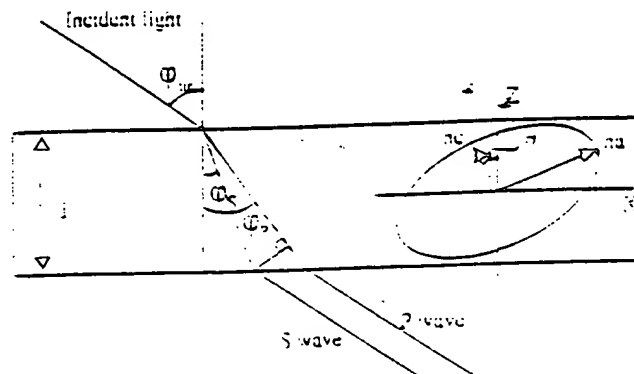


Fig. 4. Geometry of light transmission through the compensation film.

indicatrix which is shown in Fig. 3 is derived.

As shown in Fig. 4, Snell's law obtains for the S wave light as:

$$n_s \cdot \sin \psi_s = \sin \psi_{in}, \quad (1)$$

where n_s is the refractive index of the S wave light, ψ_s is the angle of refraction of the S wave light, and ψ_{in} is the incidence angle. As shown in Figs. 3 and 4, nb is customarily the refractive index of the S wave light, and it is expressed as:

$$n_s = nb.$$

For the P wave light, Snell's law obtains as shown in Fig. 4, and the refractive index of the P wave light is expressed by functions constructed from the angle of refraction of the P wave light (ψ_p) and the angle of inclination of the optical indicatrix (θ):

$$n_p \cdot \sin \psi_p = \sin \psi_{in}, \quad (2)$$

$$\frac{1}{n_p^2} = \frac{\cos^2(\psi_p - \theta)}{na^2} + \frac{\sin^2(\psi_p - \theta)}{nc^2}, \quad (3)$$

where n_p is the refraction index of the P wave light. Then eqs. (1), (2), and (3) are solved simultaneously. The refractive index of S wave and P wave light, the angle of refraction, and the retardation versus polar angle are obtained as shown below.

Refractive index of the S wave light: $n_s = nb$. Refractive index of the P wave light [from eq. (3)]:

Angle of refraction:

$$\gamma_s = \arcsin \frac{\sin \gamma_{inc}}{n}$$

$$\gamma_p = \arcsin \frac{A^2 B - C^2 - \sqrt{4B^2 C^2 - C^4 - 3A^2 C^2}}{2A^2 - 2C^2}$$

with

$$A = \frac{1}{\sin^2 \gamma_{inc}} - \cos 2\theta \left(\frac{1}{nc^2} - \frac{1}{na^2} \right),$$

$$B = \frac{\cos^2 \theta}{na^2} - \frac{\sin^2 \theta}{nc^2},$$

$$C = \sin 2\theta \left(\frac{1}{nc^2} - \frac{1}{na^2} \right).$$

Retardation:

$$Re = Re_s - Re_p = ns \cdot \frac{d}{\cos \gamma_s} -$$

$$- na \cdot \left[\frac{d}{\cos \gamma_p} - d \cdot \sin \gamma_{inc} \tan \gamma_p - \tan \gamma_s \right].$$

From these equations, the retardation curves, the principal indices of refraction (na , nb , nc), and the angle of inclination (θ) of the biaxial optical indicatrix closest to the measured data can be derived. When this curve deviates from the measured curve, it means that the model of the optical indicatrix cannot be applied to the compensation film.

Figure 5 shows polar angle dependence of retardation of the WV film. The experimental and simulated values of the inclined biaxial optical indicatrix of the entire WV film (i.e., calculated curve 1 in Fig. 5) show good agreement. The retardation curve of the WV film based on the model of separation of the discotic compound layer and TAC substrate (i.e., calculated curve 2 in Fig. 5) was calculated in a similar way. However it is in disagreement with the experimental result. Therefore, these imply that the WV film can be treated as an inclined biaxial optical indicatrix. Then, the optical indicatrix of the entire WV film in Fig. 3 is

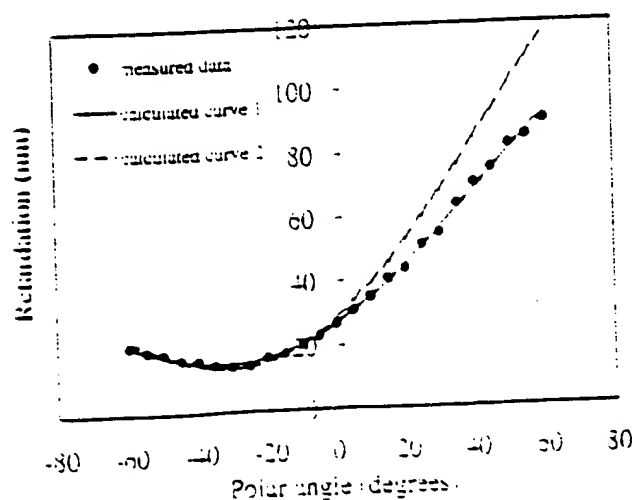


Fig. 5. Retardation vs. polar angle curves for the entire compensation film.

estimated when the angle of inclination $\theta = 21.4^\circ$ and the retardation value (R_m) are 1.5990, 1.5990, 21.4, and 103 nm, respectively. The thickness of the compensation film (d) is 102 nm. By taking into consideration the optical length and the angle of inclination $\theta = 21.4^\circ$, when the optical indicatrix of this compensation film is not inclined (i.e., $\theta = 0^\circ$), it is estimated that the value of retardation at the front (i.e., $Re = na - nb \cdot d$) is 3 nm. This is within the limits of the front retardation value of a uniaxial negative birefringence compensator available on the market, of which the optical indicatrix is not inclined (i.e., 10 nm and under). In addition, the refractive index na (1.5999) is close to the refractive index nb (1.6). As a consequence it is suggested that the optical indicatrix of this compensation film is uniaxial negative birefringence.

Figures 6 through 8 show the results of calculation (a) and experiment (b) for the voltage-transmittance ($V-T$) curves of the TN-LCD with compensation films. Moreover, Fig. 9 shows the results of calculation (a) and experiment (b) for the iso-contrast ratio curves. For the optical calculation, we inputted the data of the uniaxial negative birefringence compensator of which the value of retardation, R_m , and the angle of inclination, θ , are 103 nm and 21.4° , respectively, based on the result of ellipsometry measurement. With respect to the characteristic of the change of $V-T$ curves on

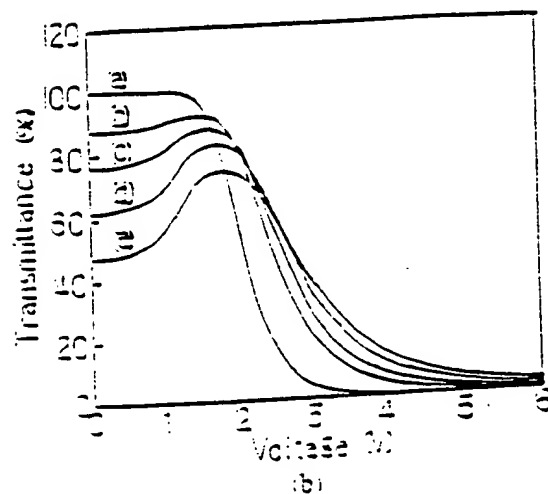
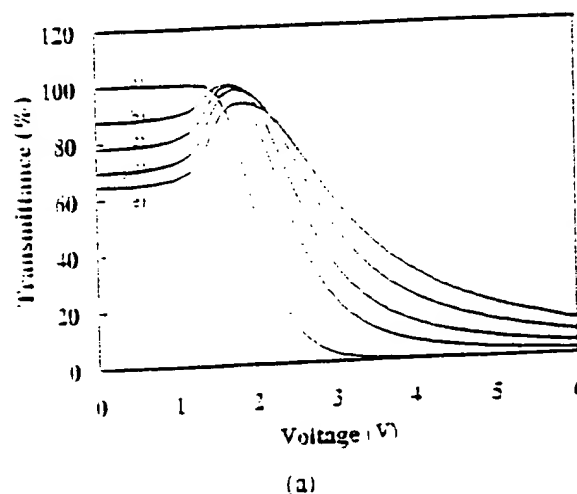


Fig. 6. $V-T$ curves of the TN-LCD with the compensation film from the upper direction: (a) calculated results, and (b) measured results. The polar angles are (a) 0°, (b) 10°, (c) 20°, (d) 30°, and (e) 40°.

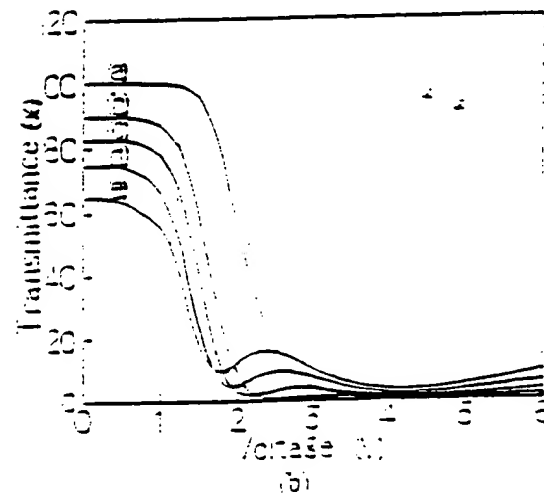
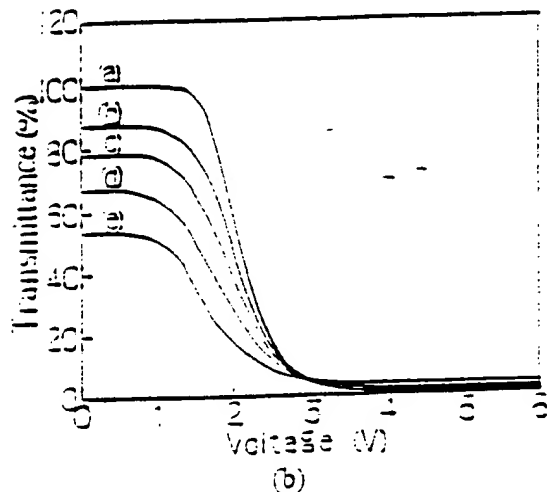
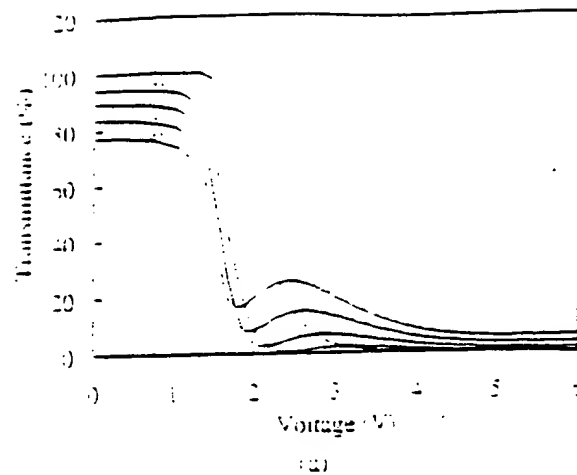
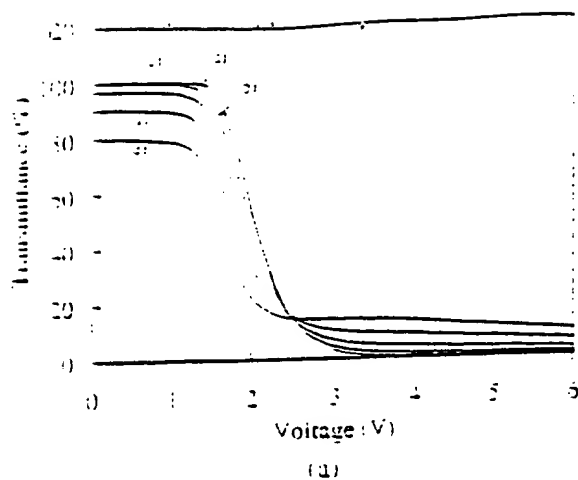


Fig. 7. V - T curves of the TN-LCD with the compensation film from the right direction: (a) calculated results, and (b) measured results. The polar angles are (a) 0° , (b) 30° , (c) 40° , (d) 50° and (e) 60° .

Fig. 8. V - T curves of the TN-LCD with the compensation film from the lower direction: (a) calculated results, and (b) measured results. The polar angles are (a) 0° , (b) 30° , (c) 40° , (d) 50° and (e) 60° .

viewing angle, the results of the calculation and experiment are in good agreement. Therefore, as shown in Fig. 3, this means that the simulation for the model of the TN-LCD with the compensation film which is regarded as uniaxial negative birefringence is found to be suitable, and this finding shows that the optical characteristic of the compensation film is the inclined optical indicatrix which has uniaxial negative birefringence. Also, the calculated iso-contrast ratio curves agree well with the results of the experiment.

Next, the compensatory mechanism is clarified using the simulation technique. The V - T curves shown in Figs. 10 and 13 were calculated. The change of the V - T curves observed from a viewing angle of 50° is shown in Fig. 10, where the range of θ values 0 – 20° at $R_{in} = 100$ nm are used as the optical parameters of the compensation film. Figures 10(a)–10(c) show the results for the upper, the right, and the lower directions, respectively. In case of the conventional TN-LCD and the TN-LCD with the compensation film, the optical characteristics of the left direction are similar to the characteristics of the right direction. In the upper direction [see Fig. 10(a)], the higher the angle of inclination (θ), the higher the contrast ratio, because light leakage of the on-state TN-LCD is suppressed by the angle of inclination (θ). In the right direction [see Fig. 10(b)], although the change is slight, the gray-scale inversion is decreased in relation to

increases in the angle of inclination (θ). In the lower direction [see Fig. 10(c)], as shown by the arrow, the improvement of the gray scale inversion changes as a result of increases in the angle of inclination (θ). Figure 11 shows the viewing angles toward the optical indicatrix of the compensation film 1 (see Fig. 2). When the angle of inclination (θ) is increased, there are changes in the elliptic planes from the viewing angles. These changes, based on Fig. 11, are shown in Fig. 12. Figures 12(a) and 12(b) show the elliptic planes of the optical indicatrix which are viewed from the directions (α) and (β), respectively. In compensation film 1, the changes of the elliptic planes in the upper and right directions are the same, and the change of the elliptic plane in the left direction is the same as in the lower direction. The azimuths of the effective slow axes shift mainly in relation to shifts in the angle of inclination (θ), even though the effective retardation values change little. Therefore, the amount of polarized light emitted through compensation film 1 is changed by means of shifts of the effective slow axes in both compensation film 1 and compensation film 2, with the result that the optical properties of the TN-LCD are compensated. In the upper and lower directions (i.e., the vertical direction), the V - T curves change as shown in Figs. 10(a) and 10(c), because the amount of polarized light emitted through compensation film

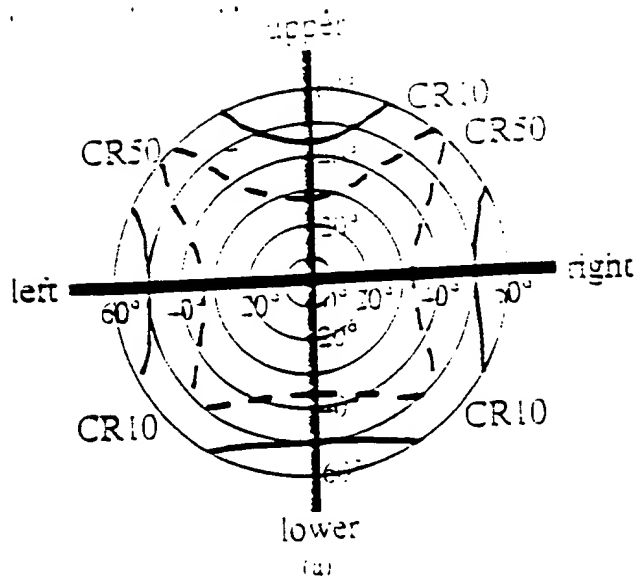


Fig. 9. Measured 50-contrast ratio curves for TN-LCD with the compensation film: (a) calculated results, and (b) measured results.

I can be changed significantly. However, in the right and left directions (i.e., the horizontal direction), the amount of polarized light emitted through compensation film 1 can be changed only slightly, so the V - T curves change only slightly. Therefore, the angle of inclination (θ) exerts a significant influence mainly on the optical characteristics in the vertical direction and a slight influence on the characteristics in the horizontal direction.

The V - T curves from a viewing angle of 50° are shown in Fig. 13, where the range of R_n values 50–200 nm at $\theta = 20^\circ$ are used as the optical parameters of the compensation film. Figures 13(a)–13(c) are the results of the upper, the right, and the lower direction, respectively. In the upper direction [see Fig. 13(a)], the larger the value of the retardation (R_n), the lower the transmittance of the off-state TN-LCD with the film. The bending point of the V - T curves, i.e., A, changes as shown by the arrow in Fig. 13(a), and the saturation point of the on-state is also shifted to a lower voltage. In the right direction [see Fig. 13(b)], the gray-scale inversion improves in relation to increases in the value of the retardation (R_n).

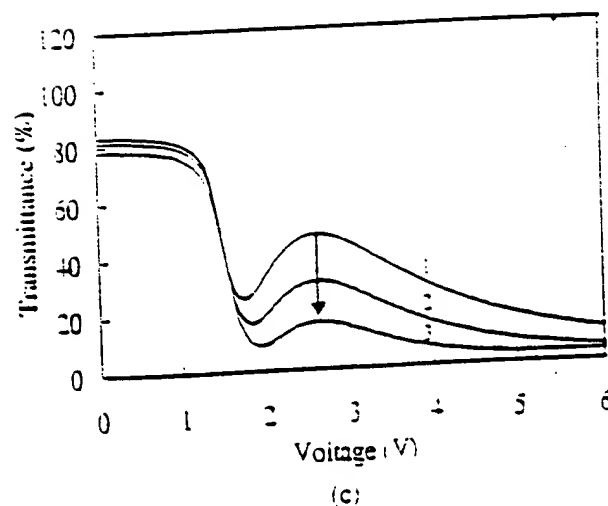
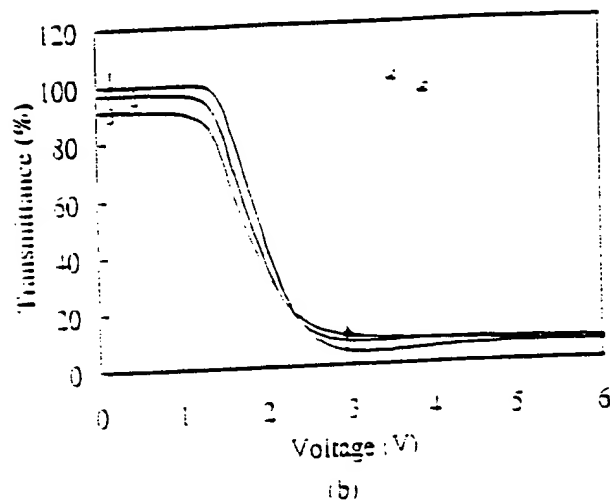
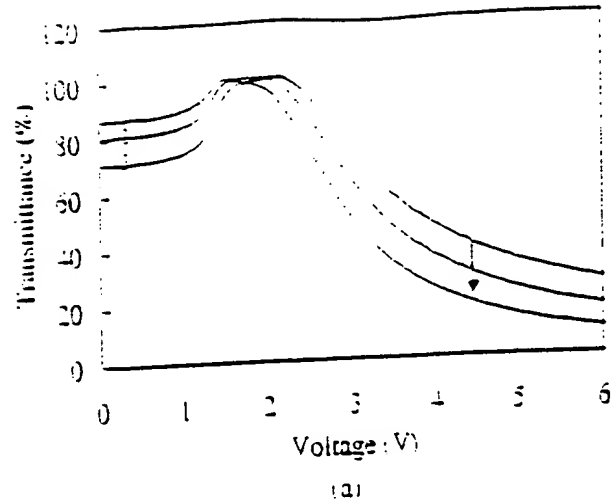


Fig. 10. Change of V - T curves for the TN-LCD with the compensation films from the viewing angle of 50° at the retardation value $R_n = 100$ nm with the angles of inclination (θ): (a) the upper direction, (b) the right direction, and (c) the lower direction. The angles of inclination (θ) are 1: 0° , 2: 10° , and 3: 20° .

but it again originates from more than about 200 nm, and the transmittance of the on-state TN-LCD with the film increases. In the lower direction [see Fig. 13(c)], the retardation (R_n) almost never exerts an influence. The changes of the elliptic planes, when the value of retardation (R_n) increases, the viewing angles based on Fig. 11 are

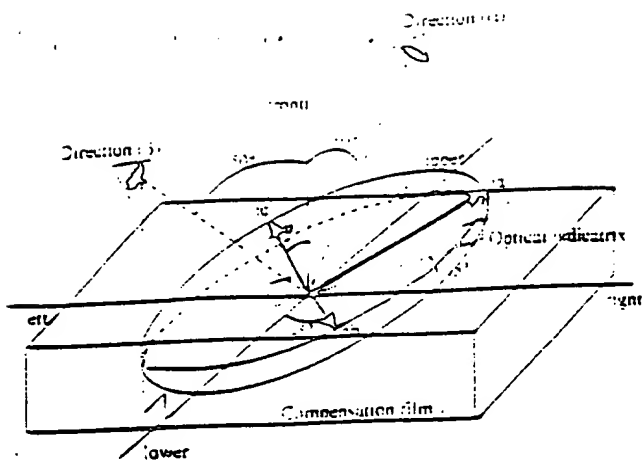


Fig. 11. Schematic illustration of the viewing angle in the direction of the optical indicatrix of compensation film 1.

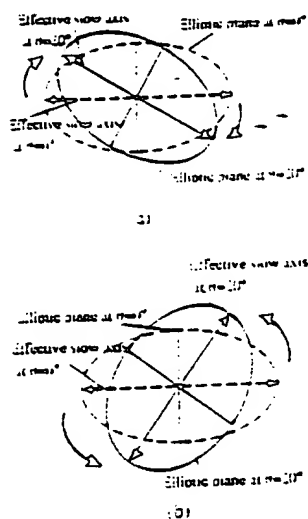


Fig. 12. Schematic depictions showing shifts of the elliptic planes of the optical indicatrix in relation to shifts in the angle of inclination (θ) of compensation film 1: (a) direction (α) in the upper direction, (b) direction (β) in the lower direction. The dashed and solid ellipses show the elliptic planes at $\theta = 0^\circ$ and 20° , respectively.

shown in Fig. 14. Figures 14(a) and 14(b) show the elliptic planes of the optical indicatrix which are viewed from the directions (α) and (β), respectively. In compensation film 1, the changes of the elliptic planes in the upper and right directions are the same, and the change of the elliptic plane in the left direction is the same as in the lower direction. It can be discerned that the azimuths of the effective slow axes shift little, but that the effective retardation values change mainly in relation to changes in the value of retardation (R_n) as shown in Fig. 14(a). Thus, the ellipticity of the elliptic plane is decreased as shown by the arrows (a) in Fig. 14(a). When the ellipticity equals 1, the elliptic plane becomes circular. The optical properties of the TN-LCD as a whole are compensated by the amount of polarized light that is emitted through compensation film 1. This is achieved by changes in both compensation film 1 and compensation film 2. In the upper and horizontal directions, the V-T curves change as shown in Figs. 13(a) and 13(b), because the amount of polarized light emitted through compensation film 1 can be changed. However, Fig. 14(b) shows that the effective retardation values and the azimuths of the effective

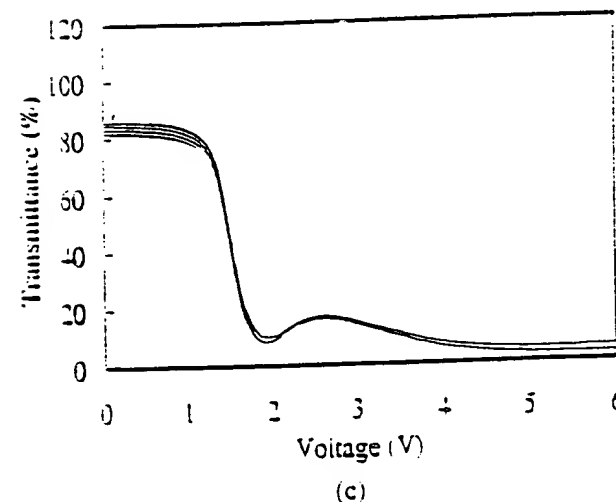
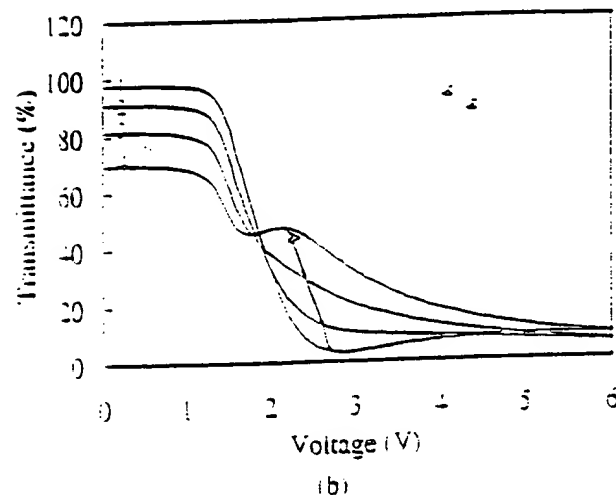
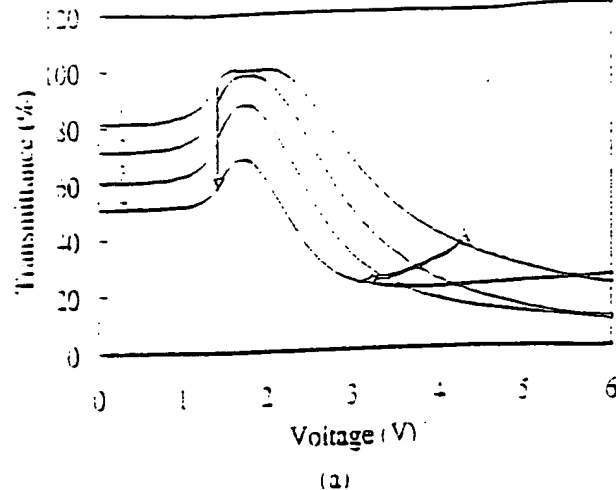


Fig. 13. Change of V-T curves in the TN-LCD with the compensation films from the viewing angles 50° at the angle of inclination $\theta = 20^\circ$ with the retardation values (R_n): (a) the upper direction, (b) the right direction, and (c) the lower direction. The retardation values (R_n) are 1: 50 nm, 2: 100 nm, 3: 150 nm, and 4: 200 nm.

slow axes change little in relation to changes of the value of retardation (R_n). Thus in the lower direction, the V-T curves change little, as shown in Fig. 13(c). Therefore, the value of R_n exerts an influence mainly on the optical characteristics in the horizontal and the upper directions.

As the compensatory mechanism, in the upper direction,

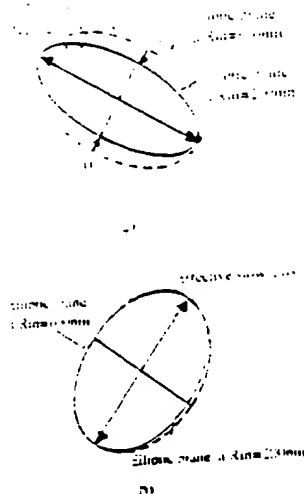


Fig. 14. Schematic sections showing changes of the elliptic planes of the optical indicatrix in relation to changes in the retardation values (R_n) of compensation film: (a) direction (α) in the upper direction, (b) direction (β) in the lower direction. The dashed and solid ellipses show the elliptic planes at $R_n = 100$ nm and 200 nm, respectively.

the angle of inclination (θ) is related to the compensation of the transmittance of the on-state TN-LCD with the film, and the value of R_n plays a role in bringing the $V-T$ curves close to the $V-T$ curves of the front. In the right direction, the large change in optical characteristics is mainly governed by the value of R_n , and the gray-scale inversion is as important as the angle of inclination (θ). In the lower direction, the gray-scale inversion decreases with increasing angle of inclination (θ).

In the upper and right directions, the transmittance of the on-state TN-LCD with the film is influenced by the optical parameters of the compensation film. The contrast ratio, CR, is defined as:

$$CR = T_{off}/T_{on}$$

where T_{off} is the transmittance of the off-state, T_{on} is the transmittance of the on-state, and the transmittance of the on-state is closely related to the contrast ratio. In the upper direction, the calculated data was compared with the measured data in terms of the dependence of the angle of inclination (θ) upon the viewing angle of contrast ratio 10:1. In the right direction, the calculated data was compared with the measured data in terms of the dependence of the angle of inclination (θ) and the value of retardation (R_n) upon the viewing angle of contrast ratio 10:1. Figures 15(a) and 15(b) show the dependence of the angle of inclination (θ) upon the angle of contrast ratio 10:1. In the calculation, data of θ values 0–25° at $R_n = 100$ nm were used. We found that the larger the angle of inclination (θ), the wider the viewing angle becomes in the upper direction, and the viewing angle data of contrast ratio 10:1 have a minimum point at the angle of inclination (θ) of about 15° in the right direction. But overall, the change of the viewing angle is small. In this experiment, we used the compensation film, 4-1-4-5 (see Table I). The measured data disagrees with the calculated data quantitatively. This results from the fact that in these calculations, some data of the viewing characteristics of polarizers cannot be input, and that in this experiment, the values of retardation (R_n) lie in the range of

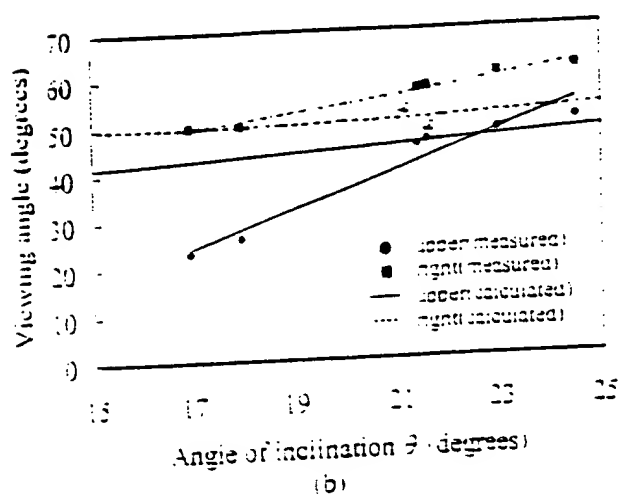
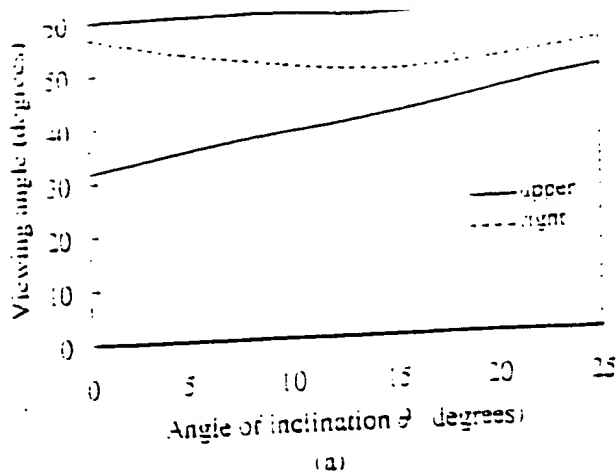


Fig. 15. Influence of the angle of inclination (θ) on the viewing angle of contrast ratio 10:1: (a) calculated data, and (b) comparison of measured data and calculated data.

97–109 nm. However, just as for the calculated data, the viewing angle of the contrast ratio 10:1 becomes wider in relation to increases in the angle of inclination (θ). In this experiment, when the values of retardation (R_n) are fixed at $R_n = 100$ nm, it can be estimated that in the upper direction, the measured data of 4-3, 4-4, 4-5 (see Table I), and Wide View A02B are narrow-shifted from the compensatory mechanism and approximate to the tendency of the calculated data. Therefore, qualitatively, the tendencies of the change in the measured data and the calculated data agree both in the upper and the right direction. In Fig. 16, the calculated data (a) and the measured data (b) show the dependence of the value of retardation (R_n) upon the angle of contrast ratio 10:1. The calculated data were obtained in the range of R_n values of 50–200 nm at $\theta = 20^\circ$. In the case of the calculated data, a too-large value of retardation R_n narrows the viewing angle of the TN-LCD with film. In the experiment, we used the compensation film, R-1-R-1 (see Table I). The measured data does not agree with the calculated data quantitatively. This is because in these calculations, some data of the viewing characteristics of polarizers cannot be input and also, in this experiment, the angle of inclination (θ) lies in the range of 20–21.6°. On analyzing the calculated data, we found that the larger the retardation value (R_n), the narrower the viewing angle of

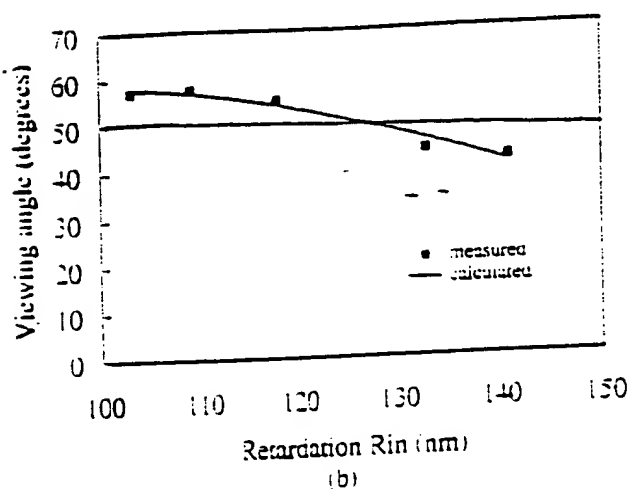
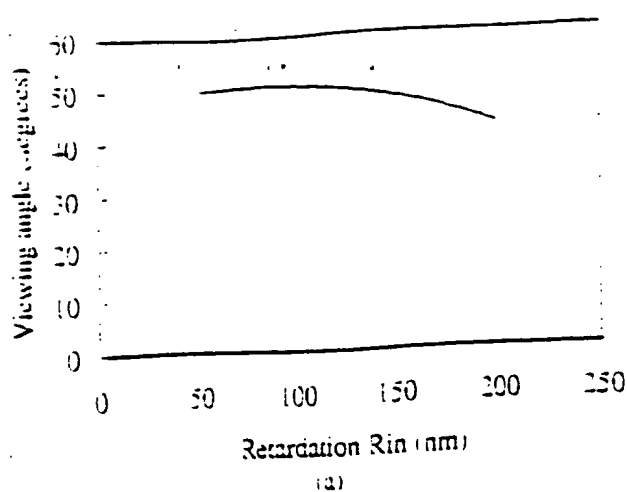


Fig. 16. Influence of the retardation (R_{in}) on the viewing angle of contrast ratio 10 : 1: (a) calculated data, and (b) comparison of measured data and calculated data.

contrast ratio 10 : 1. Moreover, in this experiment, when the angle of inclination (θ) is fixed at $\theta = 20^\circ$, it can be predicted that the measured data of R-1, R-2 (see Table D), and Wide View A02B are slightly narrow-shifted from the compensatory mechanism and that approximate to the tendency of the calculated data. Thus, qualitatively, the tendencies of the change in the measured data and the calculated data agree.

These experimental results reveal that the compensation film with the hybrid-aligned discotic compound layer for TN-LCDs functions as an inclined indicatrix which has uniaxial negative birefringence and that the compensatory mechanism which we have described is confirmed. Therefore, (1) the angle of inclination of the optical indicatrix (θ)

and (2) the value of retardation (R_{in}) are the parameters of the entire compensation film, and the compensation film should be designed using the parameters of (1) and (2).

4. Conclusions

We have substantiated our theory that the compensation film with the hybrid-aligned discotic compound layer for TN-LCDs has the optical characteristics of an inclined optical indicatrix which has uniaxial negative birefringence and acts as the entire compensator.

We defined (1) the angle of inclination of the optical indicatrix (θ) and (2) the value of retardation (R_{in}) which is obtained using the product of the thickness (d_f) and the birefringence of the entire compensation film (Δn_f) for the optical parameters of the compensator. Additionally, the compensatory mechanism of the viewing angle was clarified with these two types of optical parameters.

The viewing angle characteristics of TN-LCDs with the compensation film are governed by the conditions of (1) and (2) of the film.

Acknowledgments

The authors would like to thank Fuji Photo Film Co., Ltd. for supplying the compensation film.

- 1) K. H. Yang: *J. Opt. Soc. Am.*, 1991, p. 13.
- 2) K. Takatori, K. Sumiyoshi, Y. Hirai and S. Kaneko: *Japan Display*, 1992, p. 321.
- 3) K. L. Ong: *Japan Display*, 1992, p. 147.
- 4) J. P. Ebn, J. W. J. Gunning, J. Beatty, D. Faber, L. Hale, P. Yen and M. Khoshnevisani: *SID. Symp. Dig.*, 1994, p. 245.
- 5) R. A. Suleri: *J. Appl. Phys.*, 45 (1974) 3460.
- 6) M. Ohra, M. Ohe and K. Kondou: *Asia Display*, 1995, p. 38.
- 7) M. Ohe, M. Ohra, S. Arizumi and K. Kondou: *Asia Display*, 1995, p. 37.
- 8) A. Takeuchi, S. Katsuka, T. Sasaki, H. Chida, H. Tsuda, K. Ohmuro, T. Sasagawashi, Y. Koike and K. Okamoto: *SID. Symp. Dig.*, 1998, p. 107.
- 9) K. H. Kim, K. H. Lee, S. B. Park, J. K. Song, S. N. Kim and J. H. Souk: *Asia Display*, 1998, p. 233.
- 10) N. Yamada, S. Kozaki, F. Funada and K. Awane: *SID. Symp. Dig.*, 1995, p. 373.
- 11) Y. Yamaguchi, T. Miyasaka and T. Uchida: *SID. Symp. Dig.*, 1993, p. 377.
- 12) H. Mori, Y. Ito, Y. Nishitani, T. Nakamura and Y. Shinagawa: *Jpn. J. Appl. Phys.*, 36 (1997) 143.
- 13) H. Mori: *Jpn. J. Appl. Phys.*, 36 (1997) 1068.
- 14) H. Mori, E. Aminaka, Y. Ito and Y. Shinagawa: *IDW*, 2001, p. 593.
- 15) C. W. Oseen: *Ark. Mat. Astron. Fys.*, 19 (1925) 1.
- 16) E. C. Frank: *Discuss. Faraday Soc.*, 25 (1958) 19.
- 17) D. W. Berreman: *J. Opt. Soc. Am.*, 63 (1973) 1374.

2822983

Title of the invention: Transmission Type Liquid Crystal
Display Device

5

(Page 5, paragraph [0027])

[0027] In addition, in the case where the phase film 108
is used, it sometimes happens that the polarization states of
light rays with various wavelengths incident from an inclined
10 direction depends highly on the interaction between
birefringence of the TN liquid crystal and that of the phase
film, whereby a coloring (yellowish or bluish coloring)
phenomenon sometimes occurs. Even in this case, the
diffusing effect of the optically diffusing layer can
15 suppress the occurrence of the coloring phenomenon. The
phase film may be provided between the active matrix
substrate 104 and the polarizing plate 102. The optically
diffusing layer 109 is a sheet which can refract or scatter a
light ray, such as a microlens sheet having fine lenses, a
20 lenticular sheet, a sheet including fine particles, a light
diffusing sheet having a surface with randomly formed concave
and convex profile, a sheet having a internal refractive
index distribution, a diffraction grating layer, or the like.

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

第2822983号

(45)発行日 平成10年(1998)11月11日

(24)登録日 平成10年(1998)9月4日

(51)Int.Cl.⁹

G 0 2 F 1/1335

識別記号

5 1 0

F I

G 0 2 F 1/1335

5 1 0

請求項の数5(全 9 頁)

(21)出願番号 特願平8-167388

(22)出願日 平成8年(1996)6月27日

(65)公開番号 特開平10-10513

(43)公開日 平成10年(1998)1月16日

審査請求日 平成8年(1996)6月27日

(73)特許権者 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 丸山 宗生

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 大井 進

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

審査官 吉野 公夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 透過型液晶表示装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 面光源と、ギャップを介して対向配置され内面側に透明導電膜電極が形成された一対のガラス基板と前記ギャップ内に注入された液晶とを備える液晶パネルと、この液晶パネルの面光源側および表示面側にそれぞれ配置された偏光手段とを有する透過型液晶表示装置において、前記液晶パネルの表示面側、もしくは、前記液晶パネルの面光源側、もしくは、前記液晶パネルの面光源側および表示面側に、前記液晶パネルの法線方向ないしは法線方向から傾いた軸に対して負の一軸性を有し、光軸が法線方向とほぼ同じ方向の部分や法線方向より傾いた方向の部分をもつ光学異方素子を設け、更に、少なくとも前記液晶パネルの表示面側に配置された前記光学異方素子の外側に光拡散手段を設けたことを特徴とする透過型液晶表示装置。

【請求項2】 請求項1記載の透過型液晶表示装置において、前記液晶パネルと前記液晶パネルの表示面側に配置された偏光手段との間、もしくは、前記液晶パネルと前記液晶パネルの面光源側に配置された偏光手段との間、もしくは、これらの両方に、前記光学異方素子を設けたことを特徴とする透過型液晶表示装置。

【請求項3】 請求項1記載の透過型液晶表示装置において、前記光拡散手段を、前記液晶パネルの表示面側に配置された偏光手段の外側、もしくは、前記液晶パネルの表示面側と前記液晶パネルの表示面側に配置された偏光手段との間に設けたことを特徴とする透過型液晶表示装置。

【請求項4】 請求項1記載の透過型液晶表示装置において、前記液晶パネルの面光源側に配置された偏光手段の外側に、前記面光源の光を平行光に近づける集光手段

を更に設けたことを特徴とする透過型液晶表示装置。

【請求項5】 請求項1記載の透過型液晶表示装置において、前記光拡散手段がシリンドリカル部とフラット部を有するレンズ層であり、深さ：ピッチが2.9：10から0.8：10であることを特徴とする透過型液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、視角依存性を改善した広範囲な視野角を持つ透過型液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 透過型液晶表示装置は、フラットパネルディスプレイに代表される表示素子であり、軽く、薄く、低消費電力であることからOA用機器、車載用テレビ、カーナビゲーション、ビデオカメラ用のモニタとして、幅広く使用されてきている。これらの中で、車載用テレビ、カーナビゲーション等は、運転手の視点との位置関係から斜めからも良好に見えることが重要である。しかし、大きな問題として、視野角依存が大きいことが挙げられる。視野角依存とは、例えば、ある角度以上の斜め方向から見ると本来黒で表示されるべきものが白っぽく見えたり、階調性が反転することで、観察者が正確に読み取れない表示内容となることである。従って、どの方向からみても黒表示が白っぽくならず、階調性が崩れていない透過型液晶表示装置が要求されている。

【0003】 図13は、広視野角化手段が施されていない従来の一般的な透過型液晶表示装置の構成を示した部分断面図である。この透過型液晶表示装置は、面光源201と、液晶パネル211、および液晶パネル211の両面に配置された偏光板202、210とで構成されている。面光源201は、冷陰極型蛍光ランプと導光板などにより構成されたものである。機能は、ほぼ線光源である冷陰極型蛍光ランプの光を導光板端面より入射させ導光板内を全反射で伝搬させ、出射光が均一になるように導光板に施している拡散要素で拡散させて面光源を作っている。それでも、まだ均一性がない場合は拡散シートを光出射面に設けている。液晶パネル211は、透明ガラス基板上にマトリクス状に薄膜トランジスタ(TFT)と透明画素電極が配置されたアクティブマトリクス基板204、ツイスト角がほぼ90°のツイステッドネマティック(TN)液晶205、透明共通電極やカラーフィルタが形成されたカラーフィルタ基板207、両基板204、207を接着するとともに液晶を封止するシール剤206で構成され、偏光板202、210は透過軸を90°ずらして(ノーマリーホワイトモードの場合)液晶パネル211を挟んでいる。

【0004】 このように構成された液晶表示装置において、カラーフィルタ基板207上の共通電極には一定の電圧が、またアクティブマトリクス基板204上の透明

画素電極には表示すべき画素データに応じた電圧が印加される。それにより両電極間の液晶のねじれ状態が印加電圧に応じて変更され、偏光板202、210との組み合わせで各画素電極部分を通過する光の透過率が変わり、明暗が表示される。

【0005】 液晶表示装置に使われる液晶の性質には屈折率異方性があるため、視角が大きくなると、階調の反転やコントラスト比の低下が起こり、表示品質が著しく低下する。例えば、上述の一般的な液晶表示装置では、下方向5°を越えると階調反転が起こり、また、上30°、下50°を越えるとコントラスト比が10以下に低下する。ここで、階調反転とは、正面で認識する本来の階調の順番が、ある斜め方向からみた場合に逆になることであり、コントラスト比とは、白表示輝度/黒表示輝度である。

【0006】 そこで、この種の液晶表示装置の視野角依存性を改善するべく各種の提案がなされている。図14(a)、(b)は、特開平7-120619号公報において提案された光学異方素子を用いた視野角改善液晶表示素子の断面図、及び光学異方素子の屈折率楕円体を表した図である(以下、これを第1の従来技術という)。図14(b)に光学異方素子フィルムを2枚用いた構成を示す。液晶セル23を光学異方素子22、28で挟み、更にその上から偏光板21、29で挟んでいる。図14(a)の屈折率楕円体は、主屈折率 n_x 、 n_y 、 n_z は $n_x > n_y > n_z$ の関係があり、 n_x はフィルム面内に、 n_y 、 n_z は n_x の方向を回転軸として傾いている。これらの構成により、液晶自体が持つ複屈折によるコントラスト低下を抑えている。しかし、コントラスト低下は抑えても、階調反転が抑えきれない場合があり、また、TN-LCDに用いた場合、斜め方向での色付きが起きる。

【0007】 図15は、特開平7-159614号公報において提案された視野角改善液晶表示装置の構成図である(以下、これを第2の従来技術という)。同図は液晶セルに光が斜め入射した光の偏光状態を示している。まず、入射光LOが偏光板1に入射すると偏光状態はほぼ直線偏光L1になる。直線偏光L1は液晶セル2を透過すると液晶の屈折率異方性により楕円偏光L2になる。このまま進むと、楕円偏光L2は偏光板4で遮断されず光漏れが発生するので、光学異方素子3を用いている。光学異方素子3を透過すると位相遅延作用により楕円偏光が、元の直線偏光L3に変調される。従って、斜方入射においても同一な透過率を得て、視野角依存のない液晶表示装置を得ている。ここで、使われる光学異方素子は、光学的に負の一軸性を有しており、3軸方向屈折率をその値が小さい順に n_α 、 n_β 、 n_γ としたとき、 $n_\alpha < n_\beta = n_\gamma$ の関係がある。従って光軸方向の屈折率が最も小さいという特性を有する。また、光軸がフィルム面内にも法線方向にもないフィルムである。こ

の第2の従来技術も第1の従来技術と同様に、階調反転を抑えられない場合や色付きが起きる。

【0008】図16は、特開平6-82776号公報において提案された視野角改善液晶表示装置の構成図である（以下、これを第3の従来技術という）。同図は、液晶表示パネル32の背面に偏光板31と図示しないバックライトが設けられ、液晶表示パネル32の前面には偏光板33と拡散板34が設けられている。偏光板33の前方に拡散板34を設けているため、液晶表示パネル32及び偏光板33を透過した光は拡散板34によって拡散され、コントラストが平均化され、大きな視角に対するコントラスト比が改善される。ここで使われる拡散板は、白い顔料が混入されたり、表面が粗面化されているものである。しかし、コントラストを平均化することで、正面のコントラストを低下させてしまったり、偏光板の上面に拡散板があることで乱反射により白っぽく見えてしまう。正面のコントラストが低下するのは、黒表示の斜め方向で漏れた光を、正面方向に拡散してしまうからである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】図13の一般のLCDで広視野角化技術が施されたものではない従来の液晶表示装置は視野角が狭く、液晶パネル211の法線からずれるほどリタデーション（異常光の屈折率 n_e と常光の屈折率 n_o の差 $\Delta n (= n_e - n_o)$ と液晶セルギャップ d の積）の違いにより階調性が崩れてしまい、コントラスト比の低下が生じ、広視野角な表示を得られない欠点があった。

【0010】図14、15に示した光学異方素子を用いた視野角依存性改善案である第1、2の従来技術では、コントラストは抑えられても、階調反転を抑えられない場合があった。また、TN-LCDに使用すると色付きが起きる欠点があった。

【0011】図16の拡散板を用いた視野角依存性改善案である第3の従来技術では、コントラストを平均化することで、正面のコントラストを低下させてしまったり、偏光板の上面に拡散板があることで乱反射により白っぽく見え、さらに外光の反射が大きいため、視認性の低下を招いていた。

【0012】本発明は、図13の一般のLCDの視野角の狭さ、図14、15の視野角依存性改善案である第1、2の従来技術の階調反転、色付き、図16の視野角依存性改善案である第3の従来技術の視認性の低下、を解決すべくなされたものであって、その目的は、表示品質に優れた透過型液晶表示装置を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本願の第1の発明によれば、面光源と、ギャップを介して対向配置されその対向面側に透明導電膜電極が形成された一対のガラス基板と前記ギャップ内に注入され

た液晶とを備える液晶パネルと、この液晶パネル面光源側および表示面側にそれぞれ配置された偏光手段とを有する透過型液晶表示装置において、前記液晶パネルと前記液晶パネルの表示面側に配置された偏光手段の間、もしくは、これらの両方に、前記液晶パネルの法線方向ないしは法線方向から傾いた軸に対して実効的に負の屈折率異方性を持った光学異方素子を設け、更に、前記液晶パネルの表示面側に配置された前記光学異方素子の外側に光拡散手段を設けた透過型液晶表示装置が得られる。

10 【0014】本願の第2の発明によれば、第1の発明において、前記液晶パネルの面光源側に配置された偏光手段の外側に前記面光源の光を平行光に近づける集光手段を設けた透過型液晶表示装置が得られる。

【0015】従来のTN-LCDに挟持されている、正の屈折率異方性を持ったTN液晶に対して、逆の特性の負の屈折率異方性をもった光学異方素子を用いることで、斜め方向のコントラストを高くでき、更に、光拡散層を設けることで、改善しきれなかった階調反転を無くし、色付きも緩和できる。

20 【0016】

【発明の実施の形態】次に本発明について図面を参照して説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態の部分断面図を示す。この透過型液晶表示装置は、面光源101と、液晶パネル111と、偏光板102、110と、位相差フィルム108、光拡散層109で構成されている。面光源101は、冷陰極型蛍光ランプと、その光を面均一にするための導光板などにより構成されたものであり、また、液晶パネル111は、透明ガラス基板上にマトリクス状に薄膜トランジスタ(TFT)と透明画素電極が配置されたアクティブマトリクス基板104、ツイスト角がほぼ90°のツイステッドネマティック(TN)液晶105、透明共通電極やカラーフィルタが形成されたカラーフィルタ基板107、両基板104、107を接着するとともに液晶を封止するシール剤106で構成されている。位相差フィルム108はカラーフィルタ基板107と偏光板110の間に設け、光学的に負の特性を持つもので、光軸は位相差フィルム108の法線方向と同じでも、それから傾いていても良い。偏光板102、110は透過軸を90°ずらして(ノーマリーホワイトモードの場合)液晶パネル111と位相差フィルム108を挟んでいる。光拡散層109は偏光板110の外に設けている。

40 【0017】本発明の透過型液晶表示装置の動作を説明する。図1の第1の実施の形態において、面光源101から出射される光が、液晶パネル111を透過したとき、法線からずれるほどTN液晶105の複屈折により、階調性が崩れたり、黒表示が浮く(明るくなる)現象が起こる。ここで、本発明で使用する位相差フィルム108はこの黒表示が浮く現象を補償する為のものであることを先に述べておき、以下にTN液晶105の特性

を含めて、位相差フィルム108について説明する。

【0018】TN液晶105は光学的に正の一軸性を有しているため、屈折率楕円体は光軸方向に延びた形となり、黒表示でのTN液晶105は、図2に示すような状態となる。同図(a)は液晶が電界方向に全て立ったと仮定したときで、全体に光軸は法線方向と同じ方向にあり、同図(b)は実際のアクティブマトリクス基板104、カラーフィルタ基板107との界面付近で、ある角度を持った傾いた状態(界面付近では配向剤、ラビングにより規制され、ある角度を持つ)の液晶層を考慮した平均の状態で光軸は法線方向より傾いた方向にある。同図(c)はTN液晶105の各層の状態を示し、中間付近では光軸は法線方向と同じ方向にあり、アクティブマトリクス基板104、カラーフィルタ基板107との界面付近では前述の理由により、ある角度を持った傾いた状態となる。

【0019】これに対し位相差フィルム108は、TN液晶105と逆の特性をもって補償するので、光学的に負の一軸性を有し、屈折率楕円体は光軸方向と垂直方向に延びた(つぶれた)形で、図3に示す状態を有する。図3(a)は図2(a)の液晶が電界方向に全て立ったと仮定したときの状態に対応し、位相差フィルム108の全部分の光軸は法線方向にある。図3(b)は図2(b)の界面付近である角度を持った傾いた状態の液晶層を考慮した平均の状態に対応し、位相差フィルム108の全部分の光軸は法線方向より傾いた方向にある。図3(c)は図2(c)のTN液晶105の各層の状態に対応し、位相差フィルム108の光軸が法線方向と同じ方向の部分や法線方向より傾いた方向の部分がある。図3の(a)から(c)の位相差フィルムはどれも黒表示を補償するのに有効ではあるが、(c)が最も望ましく、次いで(b)、(a)である。負の一軸性の光学異方素子として、例えば、ディスコティック液晶が挙げられる。図3(b)、(c)の位相差フィルムの場合、光軸の傾斜方向は、その位相差フィルムに接している基板上の配向処理の方向から、位相差フィルム面上で±10度の範囲にあることが望ましい。

【0020】使用可能な位相差フィルムとしては、例えば、「位相差膜によるTN-LCDの広視野角化」(第21回液晶討論会講演予稿集298ページ記載)の位相差膜がある。この位相差膜は、支持基板上にディスコティック液晶の円盤状化合物を塗布した構造をしている。

【0021】ここで説明した位相差フィルム以外にも、法線方向ないしは法線方向から傾いた軸に対して、実効的に負の屈折率異方性を持っている位相差フィルムであれば、視野角拡大効果は得られる。それが、2軸性の特性を有する物でも効果は得られる。

【0022】以上の説明による位相差フィルム108により、黒浮き現象が抑えられ、より黒らしくなり、斜め方向でのコントラストが高くなる。位相差フィルム108から出射した光は、偏光板110を透過し光拡散層109により拡散される。正面付近の多い光量が主に拡散し、光量を平均化している。

【0023】図6は本実施の形態によって得られた9階調分の階調特性である。横軸が上下方向視角をdegreeで示し、縦軸が光の強度を規格化して示している。この特性を得られるまでの過程を図4の一般のLCDの階調特性、図5の位相差フィルムのみを使った階調特性と合わせて説明する。

【0024】図4は比較のために示した従来の一般的な位相差フィルムを用いていないLCDの階調特性で、黒レベル(一番下の曲線)が上下方向で浮いている。階調反転が生じないのは上下方向で5度までしかない。これらに対し、図5の位相差フィルム108のみを使った階調特性は、上下方向で黒で抑えられてコントラスト(白表示輝度/黒表示輝度)がより高くなる様子が分かる。例えば、コントラスト10の視角は、従来の一般的なLCDでは上方向26.0度、下方向37.6度に対し、本実施の携帯に用いている位相差フィルム108のみを使った場合には、上方向53.0度、下方向45.3度となり、上方向ではほぼ2倍、視角拡大効果がある。しかし、中間調表示に対しては補償されていないため、階調反転は15度以上の角度でまだ起きている。図5の下方向で曲線が交差している部分がそれである。図6の本実施の形態である位相差フィルム108と光拡散層109を使った階調特性では、図5の下方向で起きていた階調反転が、無くなっている様子がわかり、コントラスト10の視角も上下ともに70度以上に広がっている。これらを表1にまとめた。

【0025】また、第3の従来技術では、拡散板でコントラストを平均化することで、正面のコントラストを大きく低下させてしまっていたが、本発明では位相差フィルム108により黒表示の浮きを抑えているため、光拡散層109で拡散しても正面コントラストの低下が抑えられ、従来の一般的なLCDで230.6であったものが、161.6となり、これだけのコントラストが得られればなんら問題はない表示である。この時、光拡散層109の表面反射により表示が見にくくなる場合は、例えば、表面に微細な凹凸処理を施し光を散らしたり、多層膜をコーティングして反射を抑えたり、光を吸収するブラックマトリクスを設ければよい。

【0026】

【表1】

9

10

		正面 コントラスト	コントラスト10の視野		階調反転角 (下方向)
			上方向	下方向	
比較①	従来のLCD	230.6	26.0	37.6	5°
比較②	位相差フィルムのみ使用	265.3	53.0	45.3	15°
実施例	位相差フィルム+拡散層	161.8	>70	>70	無し

【0027】また、位相フィルム108を使うと、斜め方向で各波長の偏光状態が、TN液晶と位相差フィルムの複屈折の相互作用に大きく依存し、色付き（黄色や青色っぽくなる）が目立つ場合がある。この時でも、光拡散層109の拡散効果により、緩和することが出来る。位相差フィルム108は、アクティブマトリクス基板104と偏光板102の間でも良い。光拡散層109は微細なレンズを形成させたマイクロレンズシート、レンチキュラーシート、微粒子を混入させたシート、表面をランダムな凹凸に処理した拡散シート、内部屈折率分布型シート、回折格子層など、光を屈折、散乱させるシートである。

【0028】図7は、本発明の第2の実施の形態の構成を示した部分断面図である。相違点は、第1の実施の形態では位相差フィルム108をカラーフィルタ基板107と偏光板110の間、もしくは、アクティブマトリクス基板104と偏光板102の間に設けた構成、つまり、位相差フィルムを1枚使用するのに対し、この第2の実施の形態では位相差フィルム108をカラーフィルタ基板107と偏光板110の間に設け、位相差フィルム103（位相差フィルム108と同じもの）をアクティブマトリクス基板104と偏光板102の間に設けた構成、つまり、位相差フィルムを2枚使用している。この2枚用いているのは、例えば図3（c）の様な光学分布をもつ位相差フィルムを製造するのが困難な場合には、2枚に分けるのである。位相差フィルムの光学分布層を2つに分けることで加工しやすいようになる。例えば、加工法の一例としてフィルムの表と裏のせん断力差をつける方法が挙げられる。作用は第1の実施の形態と同じで、効果も同様に斜め方向のコントラストを高くし、下方向の階調反転を無くし、色付きを緩和する。

【0029】以上、第1、2の実施の形態では、階調反転、コントラスト低下、色付きを改善できるので、どの視角からもコントラストが高く、色付きによる不快を感じない表示を得られるが、前述した光拡散層109の外光反射を更に抑えたい場合は、次に説明する第3、第4の実施の形態の構成にすれば良い。

【0030】図8に本発明の第3の実施の形態を、図9に本発明の第4の実施の形態を示す。これらは図1、図7の実施の形態において光拡散層109を位相差フィルム108と偏光板110の間に設けた構成である。この場合、光拡散層109'に複屈折があると、位相差フィルム108を透過した、ほぼ直線偏光となった光は、楕

円偏光になるためコントラストの低下を招く。従って、複屈折がほとんど無い光拡散層109'、例えば、紫外線硬化によってつくられたレンチキュラーを使えば、偏光板110が直視面なので、外光反射が半以下に抑えられ、表示が光拡散層109'の反射、散乱によって白けることがなく、良好な表示品質が得られる。

【0031】以上に本発明の第1、第2、第3および第4の実施の形態を説明したが、この構成でカラーフィルタ基板107に厚みにより表示ボケが気になる場合がある。その表示ボケの作用を図10を使って説明する。カラーフィルタ基板107に形成されている、カラーフィルタ113から出射される光は、カラーフィルタ基板107で広がる。そのため、本来、aの部分で観察されるべき光が、bの範囲にまで広がり、光拡散層109での散乱、屈折、回折等によりbの範囲で視認される。例えば、aの部分の幅を300μm、ガラスの厚みを1mmとした場合、光拡散層109が無い時は300μmの幅で視認出来るが、光拡散層109を設け、光の出射角cが30°であると、bの範囲は1455μm（約4.8倍）となる。これは、三角関数計算で容易に算出できる。実際に観察した状態は、表示ボケとなって解像度を低下させる。

【0032】この現象を、これから記載する第5の実施の形態により抑えることが出来る。図11は、第5の実施の形態を示す断面図である。これは前述の図9に示した第4の実施の形態の面光源101と液晶パネル111の間に、集光層112が入ったものである。集光層112は、面光源101の拡散光を、平行光に近づける機能をもっている。例えば、プリズムレンズフィルム、ルーバー等がある。また、集光層112の機能を面光源101に含ませるものもあり、例えば、面光源101を構成している導光板の液晶パネル111側にプリズムレンズを形成するもの、導光板の、液晶パネル111と反対側に、光を効率よく正面にもっていくように溝を入れるもの等がある。これらの導光板は金型によって形成を行う。集光層112が入った液晶表示装置の場合、カラーフィルタ113から出射される光はある程度集光されているため、光拡散層109に入射する範囲が小さくなり、表示ボケが抑えられる。これは、第1、第2、第3の実施の形態に対しても同じことがいえる。

【0033】図12（a）、（b）は、第6の実施の形態で、第1～5の実施の形態で用いた光拡散層109を具体的に光拡散レンズ層109aと示した図である。光

拡散レンズ層 109a のレンズはシリンドリカル状に形成されており、その稜線方向は、視角依存性の大きい視野角と垂直方向、例えば図 8 に示したような階調特性であれば視角依存は上下方向に大なので、上下方向と垂直方向、すなわち表示画面の左右方向となっている。シリンドリカルレンズの深さ：ピッチは 2.9 : 10 から 0.8 : 10、好ましくは 1.8 : 10 から 1.2 : 10 で、この範囲に設定することにより、視認性と視角とを調和よく向上させることができる。ピッチは 30 から 360 μm である。このピッチは液晶パネル 111 の各画素に対応しておらず、モアレの生じない最適ピッチに設定される。

【0034】また、光拡散レンズ層 109a には、図 12 に示すように、レンズ面の散乱や視点への光の屈折をより少なくするように鏡面仕上げしやすいフラット部 Y が設けられており、これによっても表示ボケが抑えられる。このフラット部を設けたことにより光の拡散性は減少するが、シリンドリカル部 X の曲率を大きくすることにより補償することができる。このシリンドリカル部 X とフラット部 Y の比やシリンドリカル部 X の曲率を変えることにより任意の拡散特性を得ることができる。シリンドリカル部 X は、図 12 (a) に示すような凹レンズ、あるいは図 12 (b) に示すような凸レンズであってもよい。

【0035】光拡散レンズ層 109a の材質、製造法は一例として、偏光板 110 に、ヒドロキシアルキルメタクリレート、アルキルメタクリレートに代表される変性アクリレートを塗布し、その上から金型を押し当て、その状態で偏光板 110 側から紫外線を照射してこの透明樹脂を硬化させる。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の透過型液晶表示装置は、位相差フィルムと光拡散層を付加することで、斜め方向の黒浮きを抑えられるため、コントラストが高くなり下方で階調反転のない広視野な表示が得られる。また、光拡散層により位相差フィルムを用いたときの色付きも低減できる。また光拡散層を位相差フィルムと偏光板の間に設けることで、外光反射が半分以上抑えられ画面が白けることがない。また、表示ボケが気になる場合は集光層を入れることで抑えられる。

【0037】この結果、例えば、カーナビゲーションの表示のように種々の方向から、地図表示のように細部まで明瞭に読みとる必要のある用途にも、不快感を与えることなく、表示内容を容易に認識でき、適用が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態の液晶表示装置の部分断面図である。

【図 2】(a) ~ (c) は、TN 液晶層の光軸、屈折率楕円体を示す図である。

【図 3】(a) ~ (c) は、位相差フィルムの光軸、屈折率楕円体を示す図である。

【図 4】通常の LCD の階調特性を示す図である。

【図 5】位相差フィルム付きの階調特性を示す図である。

【図 6】位相差フィルム、光拡散層付きの階調特性を示す図である。

【図 7】本発明の第 2 の実施の形態の液晶表示装置の部分断面図である。

【図 8】本発明の第 3 の実施の形態の液晶表示装置の部分断面図である。

【図 9】本発明の第 4 の実施の形態の液晶表示装置の部分断面図である。

【図 10】第 1、第 2 の実施の形態の光路を示した図である。

【図 11】本発明の第 5 の実施の形態の液晶表示装置の部分断面図である。

【図 12】(a), (b) は、本発明の第 6 実施の形態の光拡散レンズ層の一部断面を示す図である。

【図 13】広視野角化したものではない従来の液晶表示装置の部分断面図である。

【図 14】(a), (b) は従来技術の液晶表示装置の断面図および光学異方素子の屈折率楕円体を表した図である。

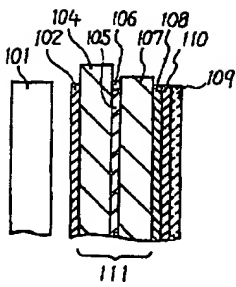
【図 15】第 2 の従来技術の液晶表示装置の構成図である。

【図 16】第 3 の従来技術の液晶表示装置の断面図である。

【符号の説明】

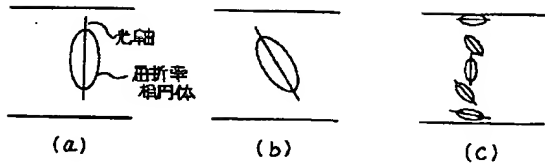
101, 202	面光源
102, 110, 202, 210	偏光板
104, 204	アクティブマトリクス基板
105, 205	TN 液晶
107, 207	カラーフィルタ基板
106, 206	シール剤
103, 108	位相差フィルム
109, 109'	光拡散層
109a	光拡散レンズ層
111	液晶パネル
112	集光層

【図 1】

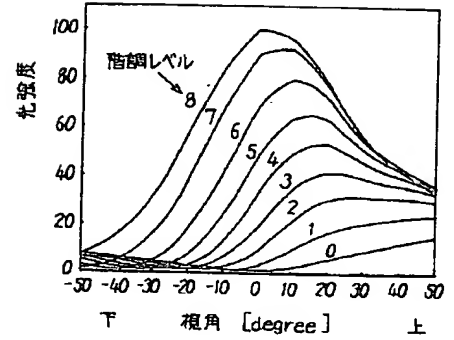


101---面光源
102---偏光板
104---TFTマトリクス基板
105---TN液晶
106---シール剤
107---カラーフィルタ基板
108---位相差フィルム
109---光拡散層
110---偏光板
111---液晶パネル

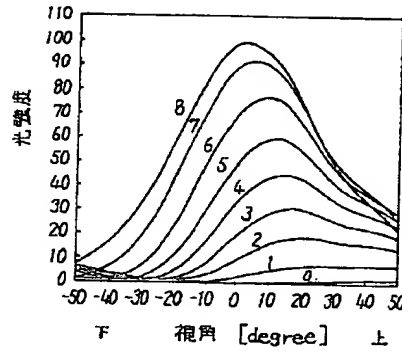
【図 2】



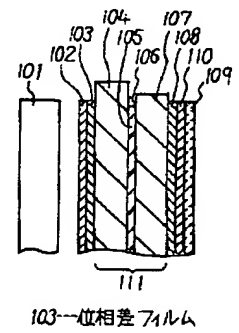
【図 4】



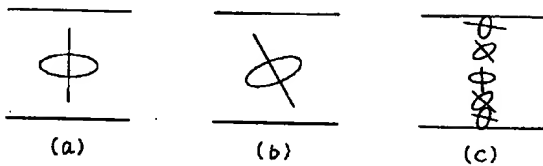
【図 5】



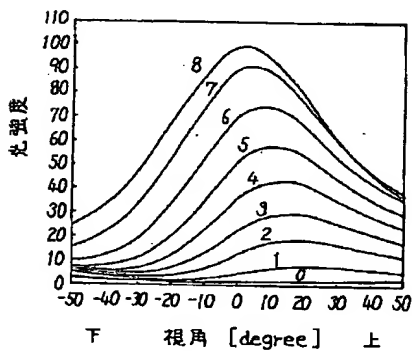
【図 7】



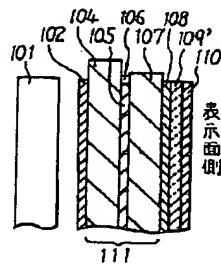
【図 3】



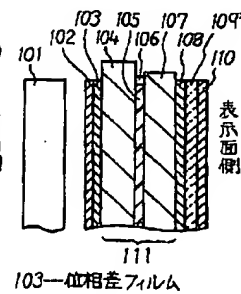
【図 6】



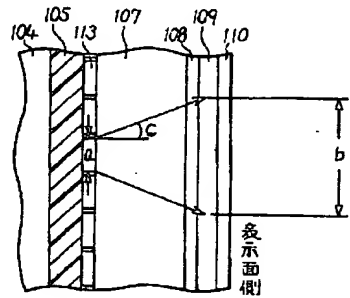
【図 8】



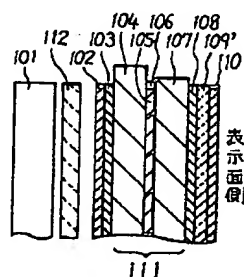
【図 9】



【図 10】



【図 11】

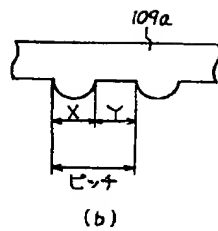
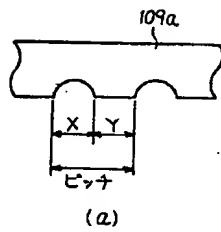


101---面光源
102---偏光板
104---TFTマトリクス基板
105---TN液晶
106---シール剤
107---カラーフィルタ基板
108---位相差フィルム
109---光拡散層
110---偏光板
111---液晶パネル

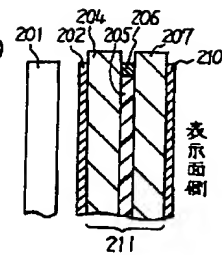
113---カラーフィルタ

112---面光源

【図12】

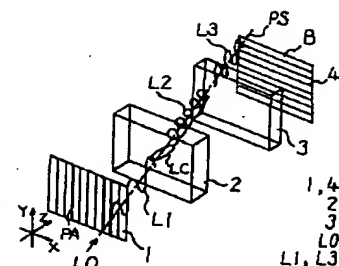


【図13】



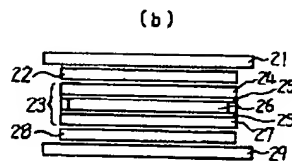
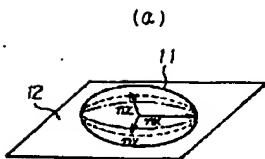
201---面光源
202---偏光板
204---アクリルマトリクス基板
205---TN液晶
206---ソール剤
207---カラーフィルタ基板
210---偏光板
211---液晶パネル

【図15】



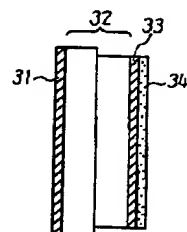
1, 4---偏光板
2---液晶セル
3---光学異方素子
L0---入射光
L1, L3---直線偏光
L2---横円偏光

【図14】



11---光学異方素子の屈折率楕円体
12---光学異方素子のフィルム面
21---上側偏光板
22---上側光学異方素子
23---液晶セル
24---液晶セルの上基板
25---透明電極
26---液晶
27---液晶セルの下基板
28---下側光学異方素子
29---下側偏光板

【図16】



31---偏光板
32---液晶表示パネル
33---偏光板
34---拡散板

フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 昭48-43292 (J P, A)
特開 平5-134252 (J P, A)
特開 平5-216031 (J P, A)
特開 平5-196927 (J P, A)
特開 平5-196939 (J P, A)
特開 平7-104272 (J P, A)
特開 昭64-25123 (J P, A)
特開 平7-72470 (J P, A)
特開 平7-104271 (J P, A)
特開 平7-120743 (J P, A)
特開 平9-288270 (J P, A)
特開 平9-189811 (J P, A)
特開 平9-211442 (J P, A)
特開 平9-43597 (J P, A)
特開 平9-90335 (J P, A)

(58) 調査した分野(Int. Cl.⁶, D B 名)
G02F 1/1335 510